

УДК 621.3.032

В.М.Поліщук, канд.тех.наук,
В.Ф.Рой, докт. фіз-мат.наук
 Харківська національна академія
 міського господарства

ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОННИХ ПРА ДЛЯ РОЗРЯДНИХ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ

Застосування електронних пускорегулюючих апаратів (ЕПРА) для розрядних ламп (РЛ) є дієвим засобом розширення функціональних можливостей освітлювальних установок (ОУ) та підвищення їх ефективності і енергоекономічності. Переваги ЕПРА над електромагнітними добре відомі: це, зокрема, підвищення світловіддачі та строку служби РЛ ламп, позбавлення пульсацій світлового потоку, зниження втрат потужності, можливість регулювання освітленості приміщень, зменшення маси та габаритів світлових приладів (СП). Сучасні тенденції розвитку світлотехніки характеризуються широким впровадженням ЕПРА, що в ряді Європейських держав складають більш як половину усіх ОУ з РЛ. Важливим стимулом, що сприяє впровадженню ЕПРА, став новий Європейський стандарт ІЕС EN 12464-1, що встановлює норми на якість освітленості приміщень. Найбільш широко впроваджуються ЕПРА в ОУ з розрядними лампами низького тиску (РЛНТ). Застосування таких же пристроїв для живлення розрядних ламп високого тиску (РЛВТ) вимагає подальших зусиль для розробки надійних та ефективних схем ЕПРА, які б відповідали особливостям роботи таких джерел світла, оскільки вони суттєво відрізняються від аналогічних у РЛНТ. В наслідок цього РЛВТ є найбільш енергоекономічними джерелами світла та широко застосовуються в ОУ зовнішнього освітлення. Серед них кращі техніко-економічні та світлотехнічні показники мають лампи типу ДНаТ, що знаходять зростаючий попит, витісняючи лампи ДРЛ. Але живлення таких ламп від мережі 50 Гц за допомогою приєднаних послідовно дроселя та імпульсного запалюючого пристрою (ІЗУ або УІЗУ), який генерує високовольні імпульси, має ряд негативних наслідків для роботи ламп, таких, як нестабільність світлового потоку при коливаннях живильної напруги, низький коефіцієнт потужності, пульсації світлового потоку та ін. В останній час, з'являється інтерес до використання малопотужних РЛВТ 100 та 80 Вт в якості джерел світла для ОУ внутрішнього освітлення, можливості використання яких досить широкі. Даних про дослідження ОУ з малопотужними лампами РЛВТ в літературі вкрай недостатньо, в той же час вони є найбільш перспективними для широкого впровадження з точки зору світлотехнічних показників та ефективного використання електричної енергії для цілей освітлення, незважаючи на деякі проблеми зі спектром випромінювання. Однак специфіка режиму роботи таких ламп, що обумовлена їх конструктивними особливостями (зокрема малим розміром розрядної колби), характеризується значними втратами тепла в зоні введів, внаслідок чого ускладнюється задача забезпечення нормального теплового режиму електродів, що необхідно для надійного запалювання та підтримання самостійного дугового розряду. Іншою особливістю малопотужних РЛ є те, що коефіцієнт імпульсу $K_{\text{имп}} = U_{\text{пз}}/U_{\text{л}}$ таких ламп суттєво більший, ніж у РЛ високої потужності, що потребує значного збільшення масогабаритних параметрів ЕПРА (тут $U_{\text{пз}}$ -потенціал запалювання лампи, $U_{\text{л}}$ - робоча

напруга на лампі). Це вимагає пошуку нових науково - технічних рішень для розв'язання цих проблем у відповідності до сучасних вимог щодо ефективності та енергоекономічності розробляємих пристроїв.

Важливою перевагою ЕПРА для РЛВТ порівняно з електромагнітним, є об'єднання в одному пристрої трьох функціональних елементів: електронного запалюючого пристрою, баласту та компенсуючого конденсатора, завдяки чому значно знижується маса апарата і СП, підвищується надійність запалювання та стабілізація потужності лампи. Перевагою ЕПРА для РЛВТ є також практично повна відсутність пульсацій світлового потоку ламп при живленні їх напругою підвищеної частоти (ПЧ). При цьому світлова віддача комплексу РЛ-ЕПРА практично не збільшується, оскільки доля анодно-катодних ділянок в довжині розряду високого тиску відносно мала. Строк служби ламп також майже не змінюється. РЛВТ не дають змоги регулювати в широких межах світловий потік, як це можливо для РЛНТ, але є можливість реалізувати варіант роботи в режимі повної або половинної потужності. Використання підвищеної частоти живлення дає змогу практично повністю уникнути несиметричного режиму роботи РЛВТ, підвищити стійкість їх роботи, знизити граничні величини U_d та $U_{пз}$, суттєво знизити коефіцієнт імпульсу, але при цьому виникає небезпека виникнення акустичного резонансу [1].

Незважаючи на значний прогрес в цьому напрямку, залишається ряд питань, які потребують подальших досліджень. Це, насамперед, забезпечення надійного запалення та перезапалення РЛ, підвищення ККД комплексу РЛ-ЕПРА і енергоекономічності ОУ, зменшення маси та габаритів установки. Крім того потребують вирішення проблеми:

- акустичного резонансу, обумовленого утворенням стоячих хвиль в лампі, спроможних зруйнувати розрядну колбу;
- несиметричного розряду в процесі запалення лампи, що призводить до появи аномально високих струмів, які перевантажують елементи ЕПРА та суттєво скорочують строк служби лампи завдяки інтенсивному розпиленню електродів;
- зниження світлового потоку ламп внаслідок прискореного запилення емісійного покриття електродів на стінки колби лампи;
- збільшення теплових втрат електроенергії на силових комутаційних елементах інвертора на підвищених частотах.

До остаточного вирішення цих досить складних проблем актуальною задачею сьогодення є створення ефективних комбінованих ПРА для живлення перспективних РЛВТ малої потужності. Тому метою даної роботи було проведення аналізу поточного стану систем РЛВТ-ЕПРА і визначення шляхів їх подальшого розвитку та вдосконалення у зв'язку з сучасними вимогами щодо ефективності та енергоекономічності, а також відповідності міжнародним стандартам.

Як відомо, напруга перезапалювання РЛ визначається електрофізичними властивостями плазми позитивного стовпа розряду лампи, зокрема, величиною остаточної іонізації, температурою електродів та ін. Паузи струму в лампі прискорюють процеси деіонізації, що приводить до збільшення напруги перезапалювання. Тому для забезпечення стабільного горіння розряду в лампі необхідно в кожний напівперіод змінної напруги подавати на електроди напругу, достатню для її перезапалювання.

Особливості електродинамічних характеристик РЛВТ, обумовлених, зокрема, малою інерційністю розряду в них, що на порядок менше, ніж в РЛНТ, висуває дуже жорсткі вимоги як до тривалості паузи струму, так і моменту подачі запалювального імпульсу на лампу. Особливої уваги потребує дослідження аномальних режимів роботи ЕПРА для РЛВТ: напівперіодних, несиметричних, з підвищеною напругою перезапалювання та ін [2].

Як відомо [3], процес запалювання РЛВТ супроводжується виникненням аномальних режимів, які характеризуються суттєвим (до 10 разів) збільшенням струму в системі живлення лампи, і призводить до значного (до 20%) зниження її строку служби, що обумовлено прискореним розпиленням емісійного покриття електродів. Крім того, ці струми можуть викликати значні перевантаження усіх елементів схеми живлення РЛ, що потребує значного збільшення їх потужності а, відтак, масогабаритних параметрів. Основною причиною виникнення аномальних режимів в лампі є несиметрія емісійних характеристик електродів, пов'язана з недосконалістю технології виготовлення. Це зумовлює формування несиметричного розряду завдяки перегріву одного з електродів, в результаті чого в лампі може горіти одночасно дуговий та тліючий розряди, що приводить до перевантаження електродів і їх інтенсивного розпилення.

Розроблена нами схема комбінованого ПРА для РЛВТ [4] дає змогу забезпечити надійне запалення та перезапалення лампи завдяки примусовому ініціюванню розряду двічі за період синусоїдальної напруги живлення та усунути виникнення небезпечного аномального режиму. В нашій схемі ця проблема вирішується шляхом розташування на стандартному струмостабілізуючому дроселі додаткової обмотки, що є елементом контура імпульсного генератора. При цьому внутрішній опір імпульсного генератора визначається, в основному, індуктивністю дроселя, який виконує одночасно функцію трансформатора високовольтних запалювальних імпульсів.

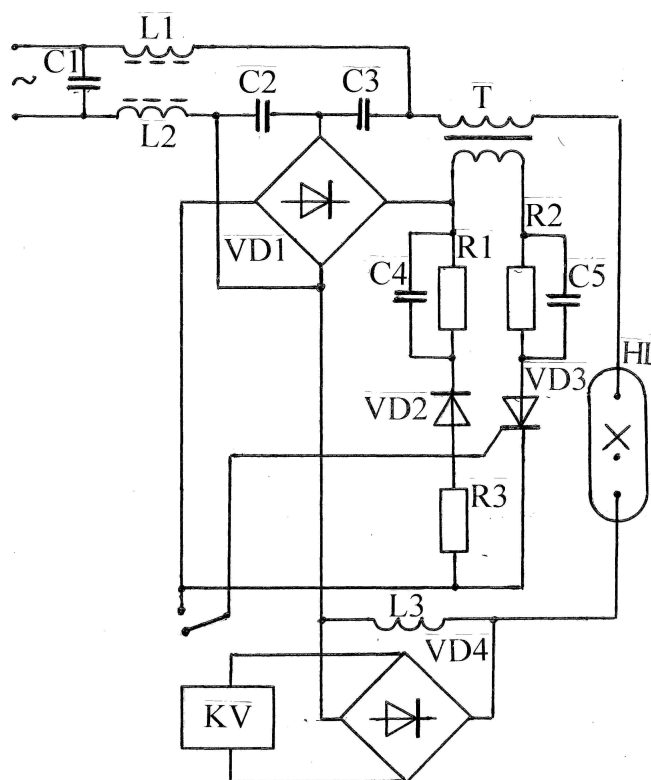


Рис 1. Схема комбінованого (гібридного) ПРА для РЛВТ.

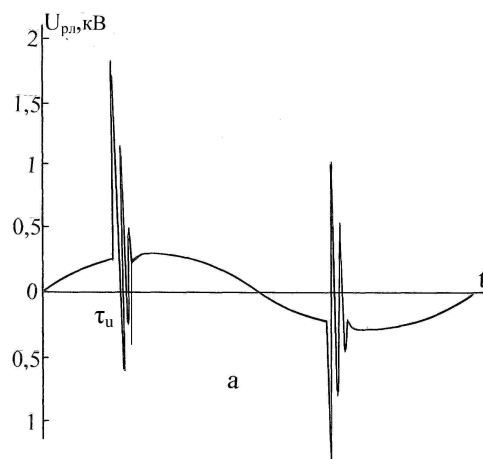
На рис.1. наведена принципова схема розробленого нами пускорегулюючого апарату для малопотужних РЛВТ. Його особливостями є використання єдиного магнітопроводу, як в ланцюгу стабілізації струму, так і в ланцюгу імпульсного генератора, чим досягається підвищення потужності запалювального імпульсу, подача двічі за період напруги живильної мережі імпульсів запалювання як в позитивний так і в негативний напівперіоди.

Генератор імпульсів містить тиристор VD3, в коло навантаження якого ввімкнута первинна обмотка трансформатора Т, вторинна обмотка якого виконує роль струмо-стабілізуючого елементу HL. Ємнісний дільник C2,C3 обмежує потужність імпульсного генератора і одночасно, разом зі вторинною обмоткою трансформатора Т, виконує роль мережового фільтра імпульсних сигналів. Момент початку роботи тиристорного генератора визначається величиною робочої напруги стабілітрона VD2, а діодний міст VD1 забезпечує його роботу в обидва напівпериоди мережової напруги. Елементи R1,C4 і R2,C5 забезпечують роботу імпульсного генератора в режим однократного за напівперіод напруги живильної мережі запуску, а фільтр C1,L1,L2 –виконує роль другої ступені задавлення імпульсних сигналів. При включенні живлення на електроди лампи через вторинну обмотку трансформатора Т подається напруга мережі одночасно з високовольтними імпульсами запуску, амплітуда яких $U_m \frac{C2}{(C3 + C2)} \frac{W2}{W1}$ знаходиться в межах 1,4-4,5 кВ. (Тут U_m –напруга мережі в момент запуску, $W1, W2$ –число витків первинної та вторинної обмоток трансформатора, $L3$ –індуктивний опір в ланцюгу лампи, VD4 – діодний міст живлення робочої котушки реле KV).

Експериментальні зразки запропонованого ПРА досліджувались разом з РЛ типу ДНаТ потужністю 30-100 Вт виробництва Полтавського заводу розрядних ламп.

На рис 2а наведені типові осцилограми сигналів на РЛ в момент її запалювання. Імпульсний сигнал на фоні напруги живлення являє собою швидко затухаючі ударно-збуджені коливання, частота яких визначається індуктивністю розсіювання та розподіленою ємністю трансформатора Т і знаходиться в межах 5 кГц.

На рис.2б показана форма сигналів на РЛ типу ДНаТ-50 після переходу її в робочий режим. Форма напруги на лампі відображає її динамічну вольт-амперну характеристику і відзначається значною (порядку 200 В) напругою перезапалювання. Величина імпульсного сигналу на РЛ залежить від співвідношення між часом природного перезапалювання τ_u і часом подачі запалювального імпульсу τ_u . Так, при $\tau_e = \tau_u$ остаточна величина напруги у вигляді одиночного імпульсу тривалістю напівперіоду сигналу ударного збудження може досягати 200 В, а при суттєво відмінних значення τ_u, τ_e – декількох вольт.



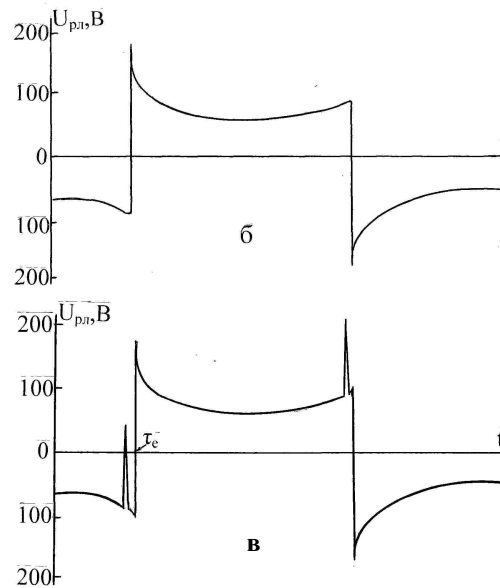


Рис 2. Напруга на РЛ : а) - у момент запалювання; б) – у робочому режимі; в) - у режимі примусового запалювання.

Після запалення розряду струм лампи різко зростає і на індуктивному опорі L_3 , який є датчиком струму лампи, з'являється напруга, яка подається на робочу котушку реле KV, яке вмикає імпульсний генератор. При погасанні лампи генератор автоматично вмикається і лампа за час порядку 5 с. перезапалюється (рис.2в). Для РЛ потужністю 30-50 Вт стійка робота при нормованій яскравості спостерігалась у 90% дослідних ламп; для ламп потужністю 75-100 Вт – у 100%. Тривалість повторного включення РЛ після 5-ти секундного відключення живильної мережі складала порядку 10-15 секунд. Використання в схемі двохступеневої фільтрації імпульсних сигналів дало змогу знизити рівень імпульсних радіоперешкод в мережі змінного струму до рівня - 60 дБ від величини спожитої потужності, що відповідає нормам міжнародного стандарту ІЕС EN 61000-3-2, регламентуючому граничні значення гармонічних складових спожитого приладом мережового струму.

Таким чином, в розробленому комбінованому ПРА знайшли вирішення дві важливі проблеми: забезпечення надійного запалення та стабільна робота РЛ малої потужності, та повне усунення аномальних режимів роботи, що сприяє нормальній роботі ламп на протязі регламентованого строку служби.

Література

1. О.Фишбайн. Электронные пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп высокого давления. Светотехника, 2006, №5, с.54-56.
2. Д.И.Панфилов, В.Д.Поляков и др. Управляемые электронные ПРА для натриевых ламп высокого давления. Практическая силовая электроника, 2003, №10, с.37-42.
3. І.Р.Заздрій. Запобігання виникненню аномальних режимів роботи розрядних ламп високого тиску.//Ком. хоз. городов: К., Техника, 2000, вып.22, с.229-233.
4. В.Ф.Рой, М.Г.Бурма Пускорегулюючий пристрій для РЛ ВТ Патент України. UA 384524 А. НО5В 41/18, Бюл.№4, 2001р.

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРА ДЛЯ РАЗРЯДНЫХ ЛАМП
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В.Н.Полищук, В.Ф.Рой

Анализируется современное состояние, проблемы и пути развития электронных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для разрядных ламп высокого давления и предлагается схема комбинированного (гибридного) ПРА для маломощных разрядных ламп высокого давления.

THE PROBLEMS OF ELECTRONIC LAUNCHING HANDLING FOR RANK LAMPS
HINHPRESSURE

V.N.Polischuk, V.F.Roj

Is analyzed modern state, of a matter of and the way of the development of electronic launching apparata for rank lamps high-pressure and is suggested the sceme combined (hybrid) of launching apparatus for rank lamps small high-pressur.